

Modelo para definir el tamaño de la unidad muestral de los inventarios forestales, Maynas – Loreto 2025

Model to define the sampling unit size for forest inventories, Maynas – Loreto 2025

Recibido: 16 de enero de 2025 | Revisado: 10 de abril de 2025 | Aceptado: 23 de abril de 2025

Hubert Orlando Portuguese Yactayo¹

¹ Escuela Universitaria de Posgrado – UNFV. Lima, Perú
Correo: hportuguez@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7980-2724>

<https://doi.org/10.62428/rcvp2025411982>

Abstract

The objective was to determine the minimum size of the sampling unit or plot that allows for a sufficient estimation of forest inventory parameters such as floristic diversity or richness, timber volume, basal area, biomass, carbon, etc., in the primary alluvial and low hill forests of the Itaya and Tahuaya river basins, Maynas, Loreto. The species–area curve model was applied, which consisted of the cumulative recording of tree and arborescent palm species through square subplots of 400 m², forming a block or grid of subplots. The model generated logarithmic curves for each of the six evaluated grids and by forest type. In general, the curves show a steeper slope with the accumulation of the first subplots, due to a significant increase in the number of recorded forest species. As more subplots are added, the slope of the curve decreases because fewer new species are recorded. The minimum required number of subplots corresponded to the point of greatest inflection on the curve, which represents increments of 1.5–2% in species richness. On average, 20 accumulated subplots (0.78 ha) were needed for the alluvial forest, and 19 subplots (0.76 ha) for the low hill forest.

Keywords: Sampling plot, forest type, grid, Maynas.

Resumen

El objetivo fue determinar el tamaño mínimo de la unidad muestral o parcela de muestreo que permita estimar de manera suficiente los parámetros de los inventarios forestales, como, diversidad o riqueza florística, volumen maderable, área basal, biomasa, carbono, etc. en los bosques primarios aluvial y de colina baja de las cuencas de los ríos Itaya y Tahuaya, Maynas, Loreto. Se aplicó el modelo de la curva área-especies el cual consistió en el registro acumulativo de las especies de árboles y de palmeras arborescentes a través de subparcelas cuadradas de 400 m² que conforman un bloque o grilla con un total de ellas. El modelo generó curvas logarítmicas para cada uno de las 6 grillas evaluadas y por tipo de bosque. Las curvas en general muestran una pendiente mayor con el registro de las primeras subparcelas acumuladas debido al incremento notable del número de especies forestales y que luego al seguir adicionando nuevas subparcelas la pendiente de la curva decae por el registro cada vez menor de nuevas especies forestales; la determinación del número mínimo necesario de subparcelas correspondió al punto de mayor inflexión de la curva y corresponde incrementos del 1,5 - 2 % de especies; en promedio resultaron 20 subparcelas acumuladas que suman una superficie de 0,78 ha para el bosque de aluvial y de 19 parcelas con una superficie de 0,76 ha para el bosque de colina baja.

Palabras clave: Subparcela, grilla, tipo de bosque, Maynas.



Este artículo es de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Introducción

Los bosques lluviosos de la selva baja o selva tropical del Perú se ubican en la Región Fitogeográfica Neotropical (Zunino, 2003). Se caracterizan por su poca variación climática y topográfica conformada por grandes planicies aluviales y de colinas bajas. Resalta la alta diversidad y composición florística a escala local y regional (Gentry y Ortiz, 1993). Se extienden en una superficie de 55 274 835 ha y que juntos con los bosques de la selva alta o yunga, representan el 94,3% de la superficie boscosa nacional (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2019).

En general, la más alta diversidad de plantas se encuentra en el bosque húmedo tropical. Por ejemplo, en una parcela de 1 ha ubicada en un sector de Iquitos (Loreto), se registraron 300 especies de plantas vasculares mayores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) obteniendo así un récord mundial de diversidad local; una segunda parcela en otro sector de Iquitos se registraron 289 especies (Gentry, 1988a, citado por Gentry y Ortiz, 1993), lo que nos demuestra la alta diversidad de los bosques de la Amazonía del Perú.

En el marco del desarrollo sostenible de los recursos forestales, el principal objetivo de los estudios de inventarios forestales en la selva peruana es la cuantificación del potencial forestal maderable y forestal no maderable a nivel de sus especies presentes que las conforman, por tanto, es necesario contar con diseños de muestreo basados principalmente en criterios florísticos, debido a la alta complejidad florística del bosque tropical.

La alta diversidad florística del bosque tropical obliga a realizar un registro que trate de captar a la mayor diversidad de especies, por lo tanto, se requiere contar con investigaciones científicas que permitan determinar los tamaños mínimos necesarios que deben tener las unidades muestrales o parcelas de muestreos para de esta manera se consiga resultados suficientes y confiables de los parámetros de la población boscosa.

En el inventario de la diversidad biológica a menudo resulta imposible registrar la totalidad de las especies presentes en un área determinada y es un problema. Las curvas de acumulación de especies, en las que se representa el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado, son una potente metodología para estandarizar las estimas de riqueza obtenidas en distintos trabajos de inventariado (Jiménez-Valverde, 2003).

Matteucci y Colma (1982), describen la metodología de la curva de acumulación de especies y sostienen que, “para toda comunidad vegetal, existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal. Por tanto, para obtener una unidad muestral representativa de una comunidad vegetal, es conocer su área mínima de expresión” (p.12).

Mostacedo (2000), menciona que la curva especie-área, es una gráfica que permite visualizar la representatividad de un muestreo. Es muy útil para definir el área mínima de muestreo, tomando en cuenta que se evaluará el mayor o total número de especies. Cuando la curva tiende a mantenerse horizontal, ésta indica que el número de especies se mantendrá, aunque aumente el tamaño de muestreo. La curva área-especie se puede construir a partir del muestreo con los métodos de cuadrantes, transectos o transectos variables.

Lamprecht (1990), en los bosques de los andes venezolanos analizó la curva de especies/área en un área total muestreada de 1 ha y, con parcelas acumuladas de 500 m² y árboles medidos a partir de 10 cm de DAP, concluye que los tamaños de las parcelas de muestreo deben ser de 10 000 m² y aún mayores.

Marmillod (1982), citado por Lamprecht (1990) menciona que, en determinados casos, la curva de especies por área podría conducir a errores, sin embargo, sostiene que, a pesar de ello, hasta ahora representa el mejor criterio para determinar el área florística mínima a muestrear.

El Ministerio del Ambiente de Ecuador (2012), realizó la evaluación forestal nacional de su país utilizando un diseño de muestreo sistemático – conglomerado, basado en parcelas de 60 m x 60 m (0,36 ha) la separación de decimales se hace usando una coma y no un punto incluyendo todos los árboles a partir de 20 cm de DAP y en parcelas de 20 m x 20 m (400 m²), para los árboles a partir de 10 cm de DAP.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] de Colombia (2018), realizó el inventario nacional forestal utilizando parcelas de 250 m x 20 m (0,50 ha), considerando todos los árboles a partir de 10 cm de DAP.

El inventario forestal nacional de Bolivia (INFOBOL, 2004), diseñó el muestreo forestal basado en unidades muestrales conformadas por 7 parcelas conglomeradas de 250 m x 20 m cada una (0,50 ha), considerando todos los árboles a partir de 20 cm de DAP.

Veloso de Freitas et al. (2021), reportan que el inventario nacional forestal de Brasil utiliza unidades muestrales de 20 m x 50 m para $DAP \geq 10$ cm y de 20 m x 50 m para $DAP \geq 45$ cm.

Burga et al. (2010) en un inventario forestal realizado en los bosques de terraza baja y de llanura meándrica, de la selva baja, en el sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso, provincia de Mariscal Ramón Castilla, región Loreto, utilizando subparcelas de 250 m (10 m x 25 m) continuas y acumulativas, determinaron que la curva área - especies declinó a partir de 0,725 ha en promedio, que incluye al 85 % de las especies acumuladas con $DAP > 27.5$ cm, quien concluye que esta superficie representa el tamaño óptimo de la unidad muestral.

Reguera (2018), en un inventario realizado en los bosques de llanura aluvial de la selva baja de la cuenca media y baja del río Nanay, ubicados en la selva baja del distrito Alto Nanay, provincia de Maynas, Región Loreto, analizó la curva área-especies, concluye que el tamaño mínimo de la unidad de muestreo promedio es de 0,75 ha que incluye el 89% de las especies acumuladas con un $DAP > 10$ cm.

Villacorta (2012), en un inventario forestal realizado en los bosques húmedos de terraza media, terraza alta y colina baja de la cuenca media del río Arabela, distrito Napo, región Loreto, concluye que la curva área-especies declina cuando la muestra tiene en promedio una superficie de 0,75 ha (10 m x 750 m), que incluye el 93%, 89% y 95% de las especies acumuladas, respectivamente, a partir de 10 cm de DAP.

Macedo (2012), en un inventario forestal realizado en la Comunidad Campesina de Tres Unidos, Distrito del Alto Nanay, Región Loreto, encontró que la curva área-especies tiene su punto de inflexión cuando la parcela de muestreo tiene en promedio 0,75 ha (10 m x 750 m), que incluye el 90,1% de las especies acumuladas, a partir de 30 cm de DAP.

Soto (2013), utilizando el análisis de la curva área-especies, determinó el área mínima de la unidad muestral en varios tipos de bosque de la selva baja, en la cuenca del río Morona del departamento de Loreto. Para los bosques de terrazas bajas inundables, el tamaño fue de 0,75 ha, el cual incluye entre el 89 - 95% de las especies arbóreas con $DAP \geq 25$ cm. Para los bosques de llanura meándrica y aguajal, el tamaño de la unidad muestral fue de 0,50 ha, que incluye el 90% y 84% de las especies, respectivamente. Finalmente, para los tipos de bosques no inundables (terrazza media, terraza alta y colina baja), el tamaño mínimo de la unidad muestral fue en promedio de 0,70 ha, que incluye del 83 – 90 % de las especies arbóreas con $DAP \geq 25$ cm.

Rosales (2018), caracterizó y comparó dos tipos de densidad poblacional en los bosques de colina del Lote petrolero 174 – Ucayali, utilizando unidades muestrales de 250 m x 20 m (0,50 ha) y el registro de árboles mayor de 30 cm de DAP.

El Ministerio del Ambiente [MINAM] (2015) publicó la Guía de inventario de la flora y vegetación y en donde considera como metodología el uso de la “curva área-especies para determinar el área mínima de la unidad de muestreo en los inventarios de los ecosistemas forestales con alta diversidad de especies en el Perú.

En Perú, el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR] del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, viene realizando el inventario forestal nacional utilizando para la selva baja tamaños de unidades muestrales basados en modelo de costos y de criterios estadísticos como la variancia. Establecen parcelas muestrales de 0,35 ha para el registro de especies arbóreas de 10 - 30 cm de DAP y parcelas de 0,70 ha para el registro de árboles ≥ 30 cm de DAP (SERFOR, 2016).

El objetivo fue determinar el tamaño mínimo de la unidad muestral o parcela de muestreo que permita estimar de manera suficiente los parámetros requeridos en los inventarios forestales, como diversidad o riqueza florística, volumen maderable, área basal, biomasa, carbono, etc. en los bosques primarios de las cuencas de los ríos Itaya y Tahuaya, Maynas, Loreto.

Método

La investigación se realizó en la Amazonía del Perú, en los bosques de terraza baja inundable y de colina baja de las cuencas de los ríos Itaya y Tahuayo que abarcan una superficie aproximada de 300 000 ha, en el año 2020.

La muestra estuvo conformada por 6 bloques o grillas cuadradas (Figura 1) de una hectárea cada una (100 m x 100 m), divididas en 25 subparcelas de 400 m² (20 m x 20 m) cada una, haciendo un total de 150 subparcelas de muestreo distribuidas en los tipos de bosques identificados y delimitados en cada cuenca durante la etapa inicial de gabinete tal como se muestra en la Tabla 1.

Cada árbol y palmera arborescente fue registrado con sus respectivos nombres vulgar y científico en cada unidad o parcela muestral.

Los individuos no identificados en campo se registraron en el Herbario y se procedió a identificar el tipo de especie a la que pertenece.

La medición del diámetro del fuste o tronco a la altura del pecho (DAP) se realizó con cinta diamétrica, a partir de 10 cm, de todos los individuos de cada unidad muestral.

Tabla 1

Distribución de las grillas de evaluación en la cuenca de los ríos Itaya y Tahuayo en el año 2020

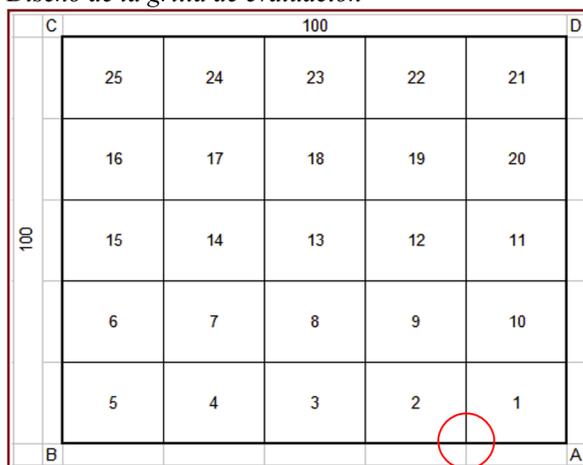
Cuencas	Tipos de bosque	Grilla n°	Coordenadas	
			X	Y
Río Tahuayo	Bosque de terraza media	01	703089	9519344
Río Tahuayo	Bosque de terraza media	02	700805	9515927
Río Tahuayo	Bosque de terraza baja inundable	03	697618	9518552
Río Itaya	Bosque de colina baja	05	648413	9524104
Río Itaya	Bosque de colina baja	06	646382	9526553
Río Itaya	Bosque de colina baja	07	646613	9527273

Nota. Basado en el chi cuadrado de Pearson ($p < 0.05$, asociación significativa).

Se muestra la asociación de la osteoartritis de rodilla y la calidad de vida con el género y el grupo etario.

Figura 1

Diseño de la grilla de evaluación



Nota. La figura muestra el diseño de la grilla de evaluación compuesta de 25 subparcelas de 400 m² cada una.

Para el levantamiento de información en campo se utilizó materiales y equipos, tales como: Imágenes Landsat 8, GPSMAP 64 sx, brújula Suunto, cinta métrica de 50 m, estacas, machetes, tijera de podar, plumones indelebles y libretas de campo.

Procedimiento

La primera etapa del trabajo (gabinete inicial) consistió en ubicar un área de estudio que contenga bosques primarios de selva baja de las cuencas Itaya y Tahuayo, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales Landsat 8 con resolución espacial de 30 m x 30 m.

La segunda etapa consistió en la identificación y mapeo de los tipos de bosques basado en el criterio fisiográfico (MINAM, 2015) y el uso del programa ArcGis 10.5 y su extensión ArcMap, utilizando una escala de interpretación de 1/30 000, con un área mínima de mapeo de 10 ha.

La tercera etapa del estudio (campo) se ubicó en el terreno a las grillas de evaluación, contenidas en el mapa de tipos de bosques, con apoyo del GPS y la respectiva verificación del tipo de bosque identificado en gabinete.

De acuerdo con el diseño de la grilla (Figura 1), se procedió al trazado de ésta utilizando estacas de 1 m de largo y cordeles de 100 m de largo, orientadas de Sur a Norte con el apoyo de la brújula. Luego se procedió a la delimitación de las subparcelas en su interior con su respectiva numeración correlativa (1 – 25).

En la quinta etapa, realizó el proceso de registro de todos los árboles y palmeras de porte arbóreo ≥ 10 cm de DAP empezando con la subparcela 1 y concluyendo con la subparcela 25. Cada individuo registrado fue identificado y registrado a nivel de especie (nombre científico y nombre vulgar), excepcionalmente fue a nivel de género, de forma manual en las respectivas libretas de campo. De esta forma se hizo el registro en las 6 grillas levantadas en campo.

En la sexta etapa del trabajo (gabinete final) se procedió a establecer la base de datos conformado por todos los individuos (árboles y palmeras arborescentes) identificados respectivamente, presentes en las 150 subparcelas comprendidas en las 6 grillas. Luego en la base de datos se procedió al agrupamiento de todos los individuos a nivel de cada especie en cada una de las 25 subparcelas, teniendo en cuenta que no haya repetición alguna entre éstas.

Finalmente, en la séptima etapa, se procedió al conteo de las especies presentes en las subparcelas de la 1 a la 25, estableciendo de esta manera una relación directa entre el número de especies registradas en sus respectivas subparcelas, procediendo luego a su representación gráfica mediante el sistema de ejes de coordenadas, ubicando en el eje vertical el número de especies y en el eje horizontal el número de subunidades o subparcelas de 400 m² cada una. Con ello se genera al mismo tiempo de manera automática la ecuación de regresión que muestra la tendencia de la curva.

Resultados

Cálculo del área mínima

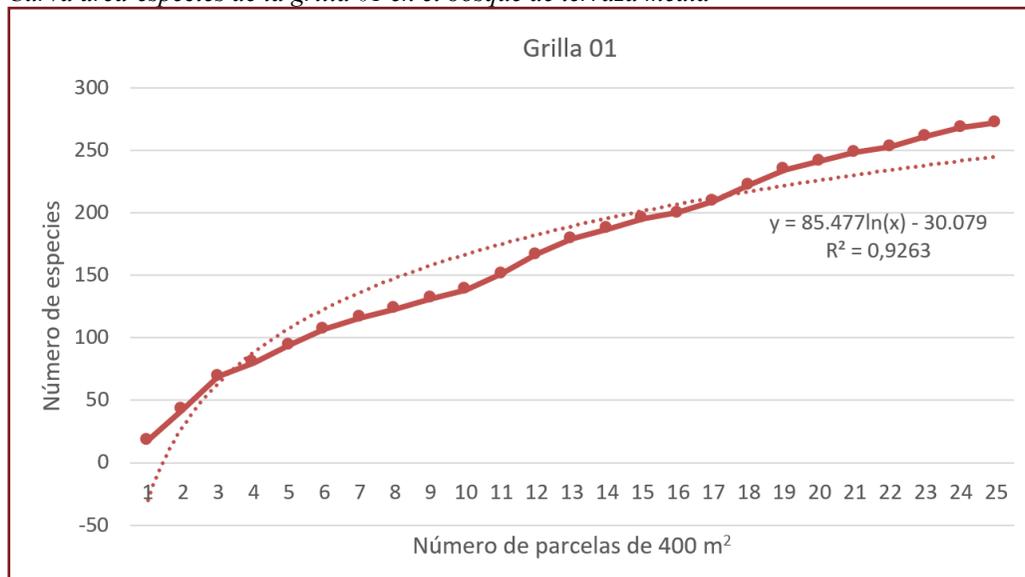
En la Figura 2 se muestra la tendencia de la curva área-especies originada por la ecuación logarítmica con un R^2 de 0,92 proveniente de la grilla 01. Aquí se determinó el área mínima de la parcela de muestreo en 7 600 m² (0,76 ha) proveniente de la acumulación de 19 subparcelas, con un registro de 222 especies forestales.

En la Figura 3 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un R^2 de 0,88 proveniente de la grilla 02. Aquí se determinó el área mínima de la parcela de muestreo en 8 000 m² (0,80 ha) proveniente de la acumulación de 20 subparcelas, con un registro de 186 especies forestales.

Para el bosque de terraza baja inundable corresponde el promedio del resultado de las 2 grillas equivalente a 0,80 ha.

Figura 2

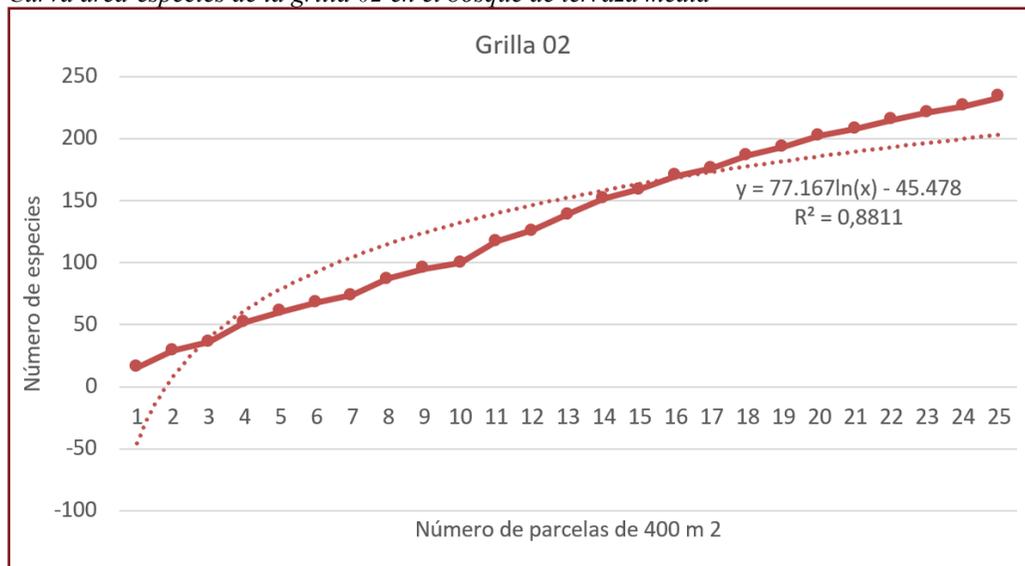
Curva área-especies de la grilla 01 en el bosque de terraza media



Nota. Tendencia de la curva área-especies en la grilla 01.

Figura 3

Curva área-especies de la grilla 02 en el bosque de terraza media



Nota. Tendencia de la curva área-especies en la grilla 02.

Las especies arbóreas con mayor abundancia registradas en este bosque fueron: *Eschweilera coriacea*, *E. tessmannii* (familia Lecythidaceae) y *Tachigali chrysophylla* (Fabaceae), *Sloanea rufa*, *Pouteria guianensis*, *Clarisia biflora*, *Hymenolobium excelsium*, *Sloanea rufa*, *E. coriacea*, *Irianthera tricornis* (Myristicaceae) y *Virola elongata* (Myristicaceae). etc. *Parkia igneiflora* (Fabaceae), *Cariniana decandra* (Lecythidaceae) y *Sterculia apetala* (Malvaceae), *Coussapoa nitida* (Urticaceae), *Cecropia engleriana* (Urticaceae), *Ocotea venenosa* (Lauraceae), *Yrianthera ulei* (Miristicaceae), *Inga multiflora* (Fabaceae) y *Aniba panurensisi* (Lauraceae). Entre las especies de palmeras destaca *Oenocarpus batahua*.

En la Figura 4 se muestra la tendencia de la curva área-especies originada por la ecuación logarítmica con un R^2 de 0,90 proveniente de la grilla 03. Aquí se determinó el área mínima de la parcela de muestreo en 8 400 m² (0,84 ha) proveniente de la acumulación de 21 subparcelas, con un registro de 193 especies forestales.

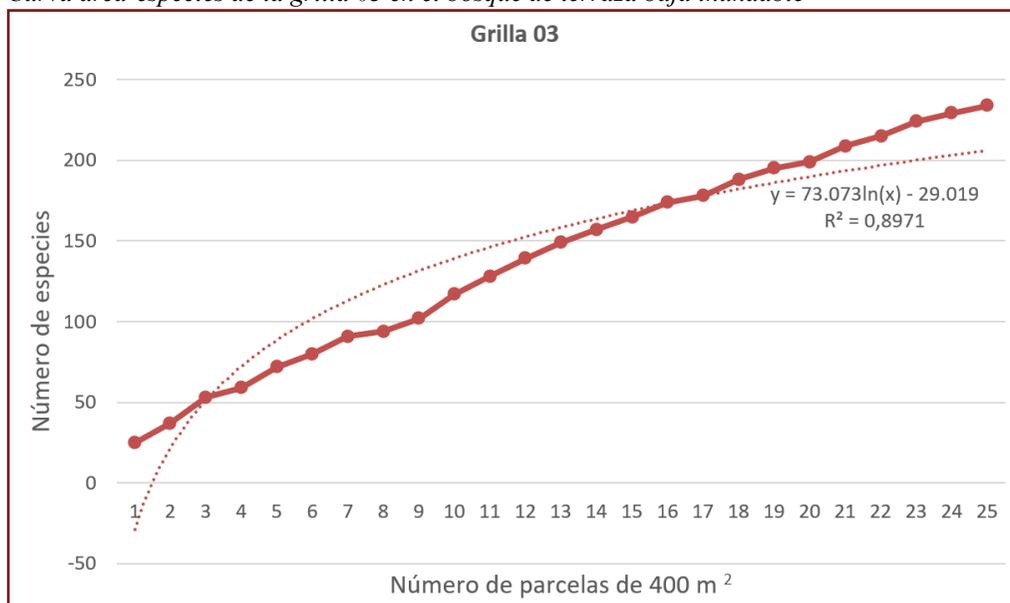
En la Figura 5 se muestra la tendencia de la curva área-especies originada por la ecuación logarítmica con un R^2 de 0,93 proveniente de la grilla 06. Aquí se determinó el área mínima de la parcela de muestreo en 7 2000 m²

(0,72 ha) proveniente de la acumulación de 18 subparcelas, con un registro de 118 especies forestales.

Para el bosque de terraza media corresponde el promedio del resultado de las 2 grillas equivalente a 0,80 ha.

Figura 4

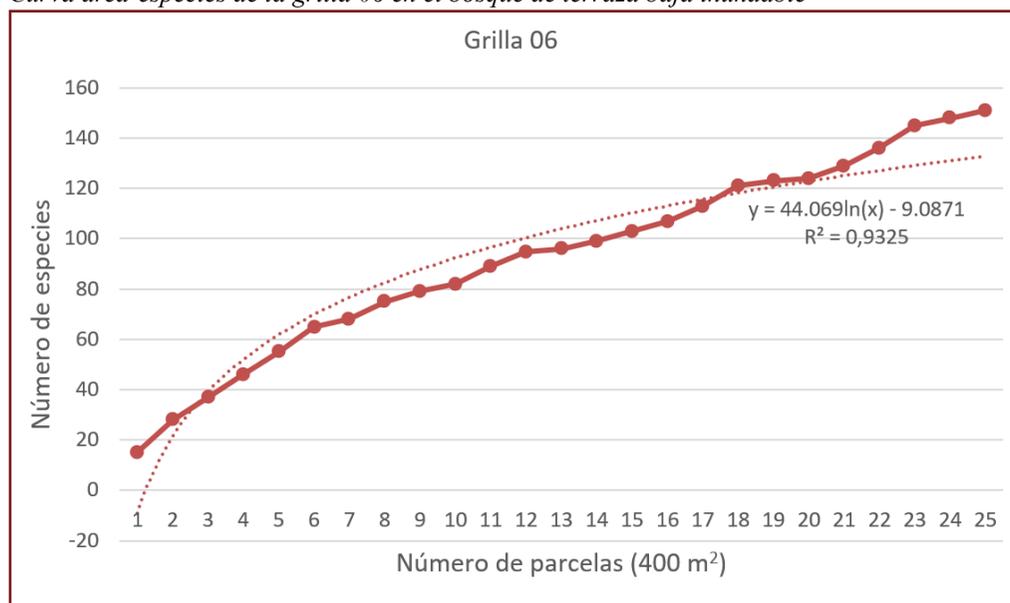
Curva área-especies de la grilla 03 en el bosque de terraza baja inundable



Nota. Tendencia de la curva área-especies en la grilla 03.

Figura 5

Curva área-especies de la grilla 06 en el bosque de terraza baja inundable



Nota. Tendencia de la curva área-especies en la grilla 06.

En este bosque las especies forestales más abundantes de manera general fueron: *Simarouba amara* “marupa” (Simaroubaceae) y *Eschweilera parvifolia* “machimango” (Lecythidaceae), *Rinorea racemosa* (Violaceae), *Naucloopsis glabra* (Moraceae), *Pseudolmedia laevis* (Moraceae), *Eschweilera albiflora* y *Matisia bicolor* (Sapotaceae). *Vatairea guianensis* (Fabaceae), *Terminalia oblonga* (Combretaceae), *Virola pavonis*, (Myristicaceae), *Drypetes amazónica* (Euphorbiaceae) y *Hura crepitans* (Euphorbiaceae). En el grupo de palmeras arborescentes sobresalen las siguientes: *Mauritia flexuosa* “aguaje”, *M. aculeata*, *Oenocarpus batahua* “ungurahui”, *Oenocarpus mapora* y *Euterpe precatoria* “huasaí”.

En la Figura 6 se muestra la tendencia de la curva área-especies originada por la ecuación logarítmica con

un R^2 de 0,98 proveniente de la grilla 05. Aquí se determinó el área mínima de la parcela de muestreo en 7 600 m² (0,76 ha) proveniente de la acumulación de 19 subparcelas, con un registro de 139 especies forestales.

En la Figura 7 se muestra la tendencia de la curva área-especies originada por la ecuación logarítmica con un R^2 de 0,99 proveniente de la grilla 07. Aquí se determinó el área mínima de la parcela de muestreo en 7 200 m² (0,72 ha) proveniente de la acumulación de 18 subparcelas, con un registro de 118 especies forestales.

Para el bosque de colina baja corresponde el promedio del resultado de las 2 grillas equivalente a 0,76 ha.

Figura 6

Curva área-especies de la grilla 05 en el bosque de colina baja

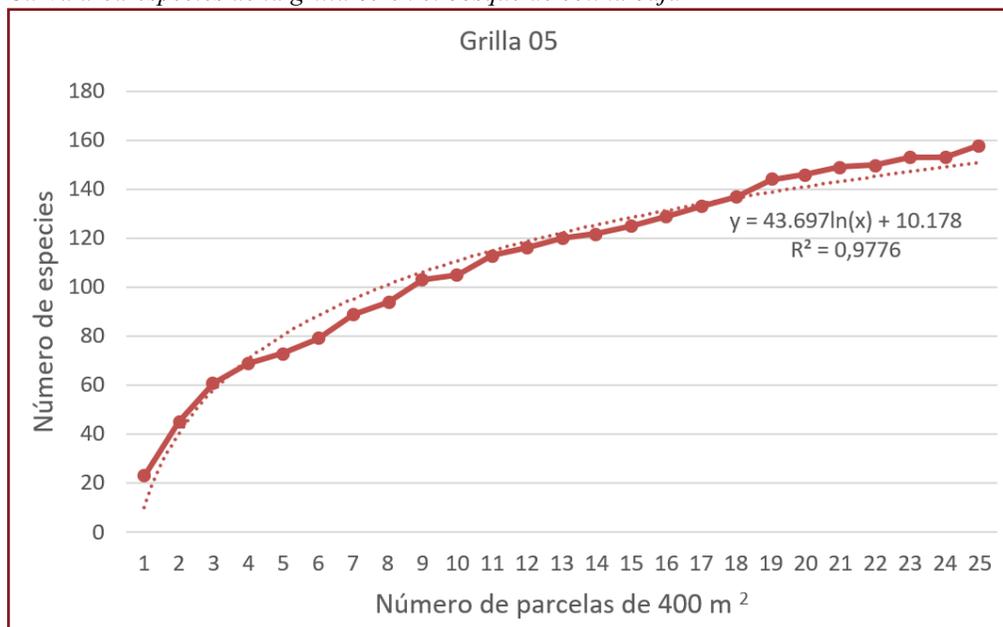
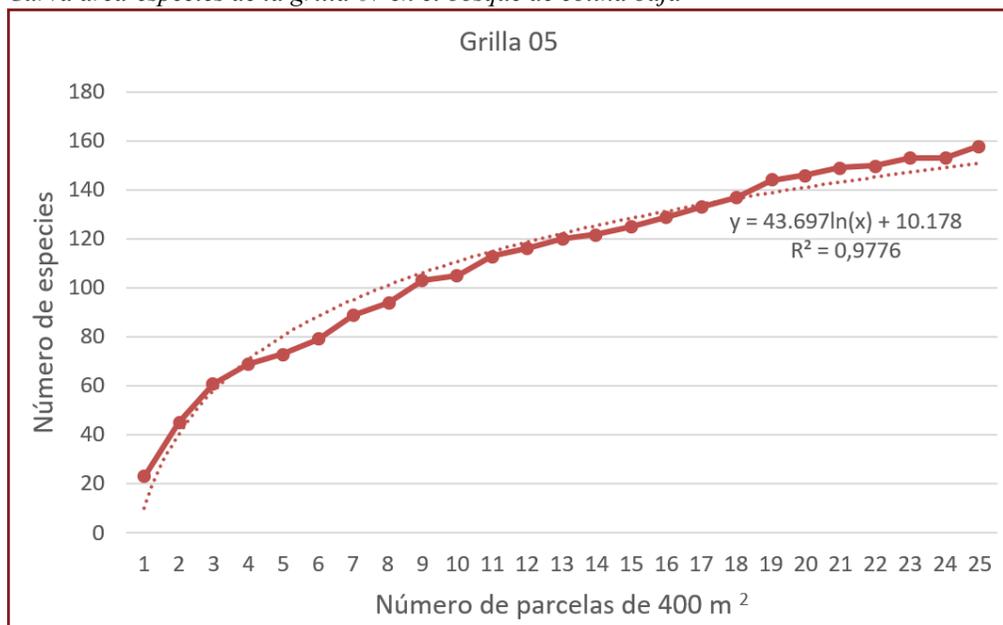


Figura 7

Curva área-especies de la grilla 07 en el bosque de colina baja



Nota. Tendencia de la curva área-especies en la grilla 07.

En este bosque sobresalen por su mayor abundancia las siguientes especies: *Parahancornia peruviana* (Apocynaceae), *Eschweuiera albiflora*, *E. rufifolia*, *E. tessmannii* (Lecythidaceae), *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae), *Pseudolmedia laevigata* (Moraceae), *Virola elongata* (Myristicaceae), *Naucleopsis ulei* (Moraceae),

Pseudolmedia laevis (Moraceae), *Matisia malacocalyx* (Malvaceae), *Rinorea lindeniana* (Violaceae) *Conceveiba guianensis*, *C. rhytidocarpa* (Euphorbiaceae), *Hymenolobium excelsum* (Fabaceae), *Parkia igneiflora* (fabaceae), *Xylopia frutescens* (Annonaceae), *Macrocnemun roseum* (Fabaceae), *Anaxagorea brevipes* (Annonaceae) y la palmera *Oenocarpus bataua* (Arecaceae).

En la Tabla 2 se muestra un resumen de la determinación del tamaño de la unidad muestral o parcela de muestreo para cada tipo de bosque y el promedio general para los bosques de las cuencas de los ríos Itaya y Tahuaya.

Tabla 2

Determinación del tamaño promedio de la unidad muestral por tipo de bosque

Grilla	Número de subparcelas de 400 m ²	Tamaño de la unidad muestral (ha)	Número de especies acumuladas	Número de especies acumuladas (ecuación log.)	Tipo de de bosque
01	19	0,76	234	222	Bosque aluvial
02	20	0,80	202	186	Bosque aluvial
03	21	0,84	209	193	Bosque aluvial
06	18	0,72	121	118	Bosque aluvial
Prom.	19,5	0,78	192	180	
05	19	0,76	144	139	Bosque de colina baja
07	18	0,72	118	118	Bosque de colina baja
Prom.	18,5	0,74	131	129	

Discusión

El modelo de la curva área-especies en el bosque tropical registra un fuerte incremento en el número de especies en las primeras subparcelas evaluadas y que luego decae progresivamente y de manera constante cuando se incrementa el número de éstas, tal como lo confirma Macedo (2000). En el presente trabajo se determinó un tamaño mínimo necesario de la unidad muestral cuando el incremento del número de especies decae por debajo del 2 %, concordante con el mayor punto de inflexión de la curva.

Lamprecht (1990), al analizar la curva área-especies en los bosques tropicales venezolanos, propone que las áreas de muestreo mínimas requeridas para inventariar el bosque deben ser de 1 ha, sin embargo, para el caso de los bosques tropicales de las cuencas de los ríos Tahuayo y Michana del departamento de Loreto resultó en promedio ser menor a 1 ha el área mínima de la unidad muestral.

Según Gentry (1993), la parcela de muestreo para zonas de bosque húmedo tropical, específicamente de Perú, sería de 1 ha, en donde la composición de especies se representaría adecuadamente, sin embargo, el tamaño de la parcela de muestreo calculado en el presente estudio corresponde al tamaño mínimo necesario y que de requerir mayor representatividad del muestreo podría ésta puede incrementar su tamaño.

Burga et al. (2010) determinaron para los bosques de terraza baja y de llanura meándrica, del sector Cabalococha de la Región Loreto, un tamaño “óptimo” de la unidad muestral equivalente a 0,725 ha y que incluye al 85% de las especies acumuladas con DAP > 27,5 cm. Este valor coincide con algunas de las parcelas de muestreo determinadas en la presente investigación considerando como tamaño “mínimo necesario” pero a partir del registro con DAP ≥ 10 cm. Esta diferencia en las mediciones no permite sean comparables los resultados.

Los resultados obtenidos por Reguera (2018), del inventario forestal realizado en los de bosques de llanura aluvial de la selva baja de la cuenca media y baja del río Nanay, determinan un tamaño de la unidad muestral de 0,75 ha con el registro del 89 % de las especies acumuladas a partir de un DAP > 10 cm. Este resultado de aproxima demasiado a lo obtenido en la presente investigación considerando las mismas medidas, excepto la forma y tamaño de las subparcelas y que ha sido en promedio 0,76 ha.

Villacorta (2012), en el inventario forestal realizado en los bosques húmedos de terraza media, terraza alta y colina baja de la cuenca media del río Arabela, distrito del Napo, región Loreto, concluye que la curva área-especies

declina cuando la muestra tiene en promedio una superficie de 0,75 ha (10 m x 750 m), que incluye el 93%, 89% y 95% de las especies acumuladas, respectivamente, a partir de 10 cm de DAP. El resultado obtenido en la presente investigación realizado en los bosques de terraza media, terraza baja inundable y de colina baja con el registro de 86%, 85% y 91% de especies acumuladas respectivamente, coincide con diferencia de un centésimo (0,76 ha). Esta pequeña diferencia probablemente se deba a las formas y tamaños diferentes de las subparcelas utilizadas en ambos casos.

Comparando con los países vecinos, como Bolivia, Ecuador y Colombia, quienes tienen bosques tropicales similares a los nuestros, utilizan tamaños de unidades de muestreo para sus inventarios forestales que van de 0,36 ha - 0,50 ha, cuya determinación no se basa necesariamente en el análisis de la curva área-especies, a excepción de Brasil quien usa muestras de 1,25 ha.

La guía de inventario de la flora y vegetación (MINAM, 2015), establece de manera general para toda la selva baja y con criterio florístico, el tamaño mínimo de la unidad muestral en 0,50 ha, para el registro de árboles y de palmeras arborescentes ≥ 10 cm de DAP, el cual difiere con lo determinado en el presente estudio (0,76 ha) realizado solo en las cuencas Itaya y Tahuaya del departamento de Loreto con bosques de selva baja, específicamente ubicados en terraza baja inundable, terraza media y colina baja.

El Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (2016), en su marco metodológico para realizar el inventario nacional forestal, determina basado en criterios de costo y accesibilidad el tamaño de las unidades muestrales en 0,35 ha para árboles ≥ 10 cm de DAP y en 0,70 ha para árboles ≥ 30 cm de DAP. Este difiere respecto a la presente investigación porque considera el registro de especies a partir de 10 cm de DAP utilizando bajo el criterio florístico un solo tamaño (0,76 ha) mínimo necesario para realizar los inventarios forestales.

Conclusiones

La aplicación del modelo área-especies llamado también “curva de acumulación de especies”, permitió determinar un tamaño mínimo necesario de la unidad muestral (parcela muestral) para poder realizar los inventarios forestales de los bosques de la selva baja de las cuencas de los ríos Itaya y Tahuaya del departamento de Loreto.

La tendencia de la curva área-especies resultó ser de tipo logarítmica (Ln), es decir un incremento notable del número de especies con las primeras subparcelas de muestreo y que luego va decayendo al seguir incrementando el número de éstas.

El uso de unidades muestrales de 0,78 ha y de 0,74 ha permitirán estimar los valores de diversos parámetros de los bosques aluviales y de colina baja, respectivamente en la provincia de Maynas, Loreto.

Los tamaños mínimos de las unidades muestrales determinadas permitirán realizar los inventarios forestales en los tipos de bosques antes mencionados con resultados eficaces y suficientes, por debajo de estos valores se obtendrán resultados con alta probabilidad de ser insuficientes y sesgados.

El tamaño de la parcela de muestreo o unidad muestral obtenido puede ser aplicado en los inventarios forestales de otras cuencas de la selva baja de Loreto, siempre y cuando se refieran a los mismos tipos de bosques evaluados.

El modelo área-especies podría ser aplicado para la determinación del tamaño mínimo o para el tamaño óptimo de las parcelas muestrales en otros tipos de vegetación de otros departamentos con selva baja como por ejemplo los palmerales de pantano (aguajales), así como en otros ecosistemas boscosos de la selva alta o yunga.

Recomendaciones

Continuar con las investigaciones relacionadas con la aplicación del modelo área-especies para la determinación del tamaño mínimo necesario de la unidad muestral en otros tipos de bosques de Loreto, así como de otros departamentos del país que tienen ecosistemas de selva baja y de selva alta o yunga.

Realizar investigaciones del modelo área-especies, utilizando grillas algo mayores de 1 ha, de tal forma que

permita ampliar el análisis del comportamiento del incremento lento del número de especies en áreas mayores. Probar con grillas rectangulares que permita comparar con las grillas cuadradas respecto a posibles variaciones de los patrones de dispersión de las especies en el bosque.

Para la aplicación del modelo área-especies en la determinación del tamaño de las parcelas muestrales o unidades muestrales, se debe tener en cuenta que el bosque debe ser primario, es decir, sin afectación por actividades antrópicas o por factores naturales, porque sesga los resultados y por tanto las conclusiones.

Los nuevos proyectos inventarios forestales que se realicen en de la selva baja o selva alta (yunga) a nivel nacional, regional o local, deberían considerar el criterio florístico para el diseño de sus parcelas muestrales o unidades muestrales aplicando el modelo área-especies ya sea para tamaños mínimos necesarios o tamaños óptimos requeridos.

Se recomienda para la aplicación del modelo área-especies el registro de las especies forestales en toda la parcela muestral a partir de los 10 cm de DAP y no a partir de mayores DAP, de no hacerlo se estaría obviando el registro de muchas especies que alcanzan su madurez fisiológica teniendo DAP menores de 10 cm, especialmente en los bosques altimontano de yunga.

Referencias

- Burga, R., Ríos, R., Tello, R., Urquiza, J., & Del Castillo, D. (2010). Tamaño óptimo de la unidad muestral para inventarios forestales en el sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso, provincia de Mariscal Ramón Castilla, Loreto, Perú. *Conocimiento Amazonico*, 1(1). 49-56. <https://revistas.unapiquitos.edu.pe/index.php/Conocimientoamazonico/article/view/7>
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2013). *Inventario nacional forestal y de suelos procedimientos de muestreo*. https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/externos/2022/DocumentosMetodologicos/2013/Anexo_procedimientos_muestreo_2013.pdf
- Gentry A., & Ortiz, R. (1993). Patrones de composición florística en la Amazonía peruana. En: *Amazonía Peruana – vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. Missouri Botanical Garden. <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/curators/pdf/Gentry-Ortiz-1993.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2018). *Manual de Campo. Inventario Nacional de Colombia*. República de Colombia. https://visionamazonia.minambiente.gov.co/content/uploads/2023/04/Manual_IFN_Colombia_v4.pdf
- Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de arcnología*, (8), 151-161. https://jhortal.com/pubs/2003-Jimenez-Valverde&Hortal_Rev_Ib_Aracnol.pdf
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas para un aprovechamiento sostenido*. GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1232>
- Macedo, F. (2012). *Tamaño óptimo de la unidad de muestreo para inventarios forestales en la comunidad campesina de Tres Unidos, Distrito del Alto Nanay. Región Loreto* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1888>
- Matteuci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos [OEA]. https://aprobioma.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/03/metod_para_el_estudio_de_la_vegetacion_archivo1.pdf
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). *Guía de Inventario de la flora y vegetación*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12082/07_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf?v=1530548605
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas*. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2012). *Manual de Campo. Evaluación Nacional Forestal*. República de Ecuador. https://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/documentos/enf-ManualCampo.pdf
- Mostacedo T., (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible [BOLFOR]. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Proyecto INFOBOL. 2004. *Inventario forestal de Bolivia y programa de control de los recursos forestales de Bolivia*. https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2122/technical/SEGUNDA%20PARTE-DISE%C3%91O%20CEIF.pdf?v=1709218118
- Reguera, C. (2018). *Tamaño mínimo de unidad muestral para inventarios forestales en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5921>
- Rosales, R. (2018). *Caracterización de dos bosques de colina en áreas de perforación del lote 174 - Ucayali* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5299>
- Servicio Nacional Forestal [SERFOR]. (2016). *Marco Metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per161159anx.pdf>
- Soto, R. (2013). *Tamaño mínimo de unidad muestral para inventarios forestales en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del Marañón* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1786>
- Veloso de Freitas, J., Stancioli, G., Alvares, R., Navarro de Mesquita, H., Antonio, D., & Pavao de Mattos, P., et al. (2021). *Inventario Forestal Nacional de Brasil*. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1141807/1/Patricia-Pavao-Cap-9.pdf>
- Villacorta, F. M. (2012). *Relación de la abundancia y estructura diamétrica en tres tipos de bosque y especies más importantes en la cuenca media del río Arabela* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2379>